HAL
open science

La population de la province du Pichincha face au volcan Cotopaxi. Aléas, risque et vulnérabilité

Robert d'Ercole

To cite this version:

Robert d'Ercole. La population de la province du Pichincha face au volcan Cotopaxi. Aléas, risque et vulnérabilité. IGM; IPGH; ORSTOM. Atlas infographique de Quito: socio-dynamique de l'espace et politique urbaine. Atlas Infográfico de Quito : socio-dinámica del espacio y política urbana., pp.Planche 6 de l'Atlas, 1992. hal-01194891

HAL Id: hal-01194891

https://hal.science/hal-01194891v1

Submitted on 7 Sep 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LA POPULATION DE LA PROVINCE DU PICHINCHA FACE AU VOLCAN COTOPAXI.
Aléas, risque et vulnérabilité

LA POBLACIÓN DE LA PROVINCIA DE PICHINCHA FRENTE AL VOLCÁN COTOPAXI.
Peligros, riesgo y vulnerabilidad

Robert D'ERCOLE
Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: María Augusta FERNANDEZ

SOURCES ET LIMITES

Les documents présentés dans cette planche concernent la population des régions de la province du Pichincha potentiellement menacées par le volcan Cotopaxi, incluses dans l'aire métropolitaine de Quito ou situées à proximité de la capitale. Ils se fondent essentiellement sur trois types de sources :

- la carte des menaces potentielles du volcan Cotopaxi, achevée en 1988 par l'Institut Géophysique de l'École Polytechnique Nationale (EPN), qui fournit les bases physiques (Hall et Von Hillebrandt, 1988) ;

- les recensements effectués par l'INEC de 1950 à 1982 dont les données traitées et actualisées pour 1988 ont permis de connaître et de représenter la répartition, la densité et l'évolution de la population menacée ;

- une enquête réalisée en 1988 et 1989 dans le cadre d'une convention IFEA / ORSTOM / Defensa Civil / CEDIG / IPGH; les résultats de cette enquête menée auprès d'un échantillon de 2 200 personnes installées dans les régions exposées des provinces de Pichincha et de Cotopaxi (1 137 enquêtes dans la première), indiquent les principaux facteurs de vulnérabilité de la population (D'Ercole, 1990 et 1991).

PROBLÉMATIQUE ET CONCEPTION

Le but de cette planche est de présenter, pour les régions proches de Quito, des documents intégrant la composante humaine du risque lié au volcan Cotopaxi. Ces documents sont complémentaires de la carte des menaces potentielles du volcan Cotopaxi qui n'en fournit que la composante physique (types d'aléas, magnitude, extension potentielle des produits et probabilité d'occurrence).

La notion de risque ne peut être complète que si l'on considère les éléments exposés (le patrimoine, les activités et les personnes). Encore s'agit-il de considérer ces éléments exposés à la fois sur le plan quantitatif et sur le plan qualitatif.

La répartition de la population menacée (il n'y a pas de risque là où il n'y a personne), sa densité (impact potentiel plus ou moins important) et son évolution (risque croissant dans les régions à forte expansion démographique) constituent l'aspect quantitatif, celui qui est généralement pris en compte dans les travaux de planification préventive. L'aspect qualitatif est très souvent négligé et pourtant des facteurs aussi divers que la perception du risque, la connaissance des moyens de protection, les conditions économiques, sociales et culturelles, qui influent sur les comportements lors d'une situation d'urgence, font que les personnes sont plus ou moins vulnérables, et ce, dans une même zone de risque. Les documents présentés ici illustrent cette double approche.

ÉLABORATION

La carte 1 est une carte de risque qui tient compte des aléas et de la composante humaine et quantitative du risque. Elle s'appuie donc sur la carte des menaces potentielles établie par l'Institut Géophysique de l'EPN à partir de laquelle ont été dessinées les limites des zones qui pourraient être affectées par les différents aléas en fonction de la magnitude ou de l' « efficacité » d'une éventuelle éruption (lahars, retombées, écoulements pyroclastiques et débris avalanches).

La répartition de la population a été déterminée à partir de cartes topographiques, de photographies aériennes et à la suite de parcours de terrain. Le calcul des densités reportées sur la carte a été effectué sur la base des chiffres et des cartes de l'INEC qui ont permis de travailler à l'échelle du secteur de recensement constituant une fine subdivision du territoire paroissial. L'évolution démographique, pour sa part, a été calculée à l'échelle des paroisses grâce aux chiffres de population fournis par l'INEC de 1950 à 1982, complétés, selon les tendances enregistrées entre 1974 et 1982, par une estimation de la population en 1988.

La carte 2 présente l'un des principaux facteurs de vulnérabilité que les enquêtes ont permis de cerner, la perception du risque personnel. Les réponses fournies par les personnes interrogées à plusieurs questions posées directement ou indirectement sur ce sujet ont permis de déterminer quatre niveaux de perception du risque (1 : élevé à très élevé ; 2 : relativement élevé ; 3 : relativement faible ; 4 : faible à très faible). La carte considère les deux premiers niveaux, regroupés. Elle s'appuie par ailleurs sur des unités territoriales de base délimitées en fonction de la nature de la menace, de l'intensité du risque, des subdivisions administratives, du type de population (urbaine / rurale) et dans certains cas, de la densité.

COMMENTAIRE

La menace

Les moyens scientifiques actuels ne permettent pas de prévoir une période éruptive et encore moins la date d'une éruption volcanique surtout lorsqu'on a affaire à un volcan de type explosif comme l'est le Cotopaxi. Un diagnostic sérieux ne sera réalisable qu'à partir du moment où se produiront des signes précurseurs qui peuvent précéder de quelques jours à plusieurs mois une éruption importante. Encore faut-il disposer, et c'est le cas pour le Cotopaxi depuis

FUENTES Y LÍMITES

Los documentos presentados en esta lámina se refieren a la población de las regiones de la provincia de Pichincha potencialmente amenazadas por el volcán Cotopaxi, incluidas en el Área Metropolitana de Quito o situadas a proximidad de la capital. Se basan esencialmente en tres tipos de fuentes:

- el mapa de los peligros potenciales asociados con el volcán Cotopaxi, concluido en 1988 por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (EPN), que proporciona las bases físicas (Hall y Von Hillebrandt, 1988);

- los censos realizados por el INEC entre 1950 y 1982, cuyos datos procesados y actualizados para 1988 han permitido conocer y representar la distribución, la densidad y la evolución de la población amenazada;

- una encuesta realizada en 1988 y 1989, en el marco de un convenio IFEA / ORSTOM / Defensa Civil / CEDIG / IPGH, en una muestra de 2.200 personas instaladas en las regiones expuestas de las provincias de Pichincha y Cotopaxi (1.137 encuestas en la primera) y cuyos resultados muestran los principales factores de vulnerabilidad de la población (D'Ercole, 1990 y 1991).

PROBLEMÁTICA Y CONCEPCIÓN

El objetivo de esta lámina es presentar, para las regiones próximas a Quito, documentos que integran el componente humano del riesgo ligado al volcán Cotopaxi. Tales documentos complementan el mapa de las amenazas potenciales del volcán Cotopaxi que no proporciona sino el componente físico (tipos de peligros, magnitud, extensión potencial de los productos y probabilidad de ocurrencia).

La noción de riesgo no puede ser completa si no se consideran los elementos expuestos (el patrimonio, las actividades y las personas). Se trata además de considerar esos elementos expuestos, a la vez en el plano cuantitativo y en el cualitativo.

La distribución de la población amenazada (no hay riesgo en donde nadie existe), su densidad (impacto potencial más o menos importante) y su evolución (riesgo creciente en las regiones de fuerte crecimiento demográfico) constituyen el aspecto cuantitativo, que generalmente es tomado en cuenta en los trabajos de planificación preventiva. El aspecto cualitativo es descuidado frecuentemente y sin embargo factores tan diversos como la percepción del riesgo, el conocimiento de los medios de protección, las condiciones económicas, sociales y culturales, que influyen en los comportamientos al producirse una situación de emergencia, hacen que las personas sean más o menos vulnerables, y ello, en una misma zona de riesgo. Los documentos presentados aquí ilustran este doble enfoque.

ELABORACIÓN

El mapa 1 es un mapa de riesgo que tiene en cuenta los peligros y el componente humano y cuantitativo del riesgo. Se apoya entonces en el mapa de las amenazas potenciales elaborado por el Instituto Geofísico de la EPN, a partir del cual se han dibujado los límites de las zonas que podrían ser afectadas por los diferentes fenómenos en función de la magnitud o de la « eficacia » de una eventual erupción (lahares, caídas de piroclastos, flujos piroclásticos y avalanchas de escombros).

La distribución de la población fue determinada a partir de mapas topográficos, fotografías aéreas y recorridos por el terreno. El cálculo de las densidades representadas en el mapa fue efectuado en base a las cifras y los mapas del INEC que permitieron trabajar a nivel del sector censal que constituye una fina subdivisión del territorio parroquial. La evolución demográfica, por su parte, fue calculada a nivel de las parroquias gracias a las cifras de población proporcionadas por el INEC de 1950 a 1982, completadas, según las tendencias registradas entre 1974 y 1982, con una estimación de la población para 1988.

El mapa 2 presenta uno de los principales factores de vulnerabilidad que las encuestas permitieron definir: la percepción del riesgo personal. Las respuestas proporcionadas por las personas interrogadas con varias preguntas al respecto planteadas directa o indirectamente permitieron determinar cuatro niveles de percepción del riesgo (1: muy elevado; 2: relativamente elevado; 3: relativamente bajo; 4: bajo a muy bajo). El mapa considera los dos primeros niveles, agrupados. Se apoya por otro lado en unidades territoriales básicas delimitadas en función de la naturaleza de la amenaza, de la intensidad del riesgo, de las subdivisiones administrativas, del tipo de población (urbana / rural) y en ciertos casos, de la densidad.

COMENTARIO

La amenaza

Los medios científicos actuales no permiten prever un período eruptivo y menos aún la fecha de una erupción volcánica, sobre todo tratándose de un volcán de tipo explosivo como lo es el Cotopaxi. Establecer un diagnóstico serio no sería posible sino en cuanto se produjeran signos precursores que pueden preceder en algunos días a varios meses a una erupción importante. Se debe disponer además, y es el caso del Cotopaxi desde 1991, de equipos de vigilancia bien

1991, d'appareils de surveillance bien placés et suffisamment nombreux. Ce que l'on sait du Cotopaxi permet néanmoins d'établir son caractère extrêmement dangereux en cas d'éruption, de déterminer les principaux aléas auxquels on peut s'attendre et de délimiter approximativement les zones qui pourraient être affectées.

Le volcan a connu au moins cinq étapes éruptives durant la période historique (figure 1), ponctuées d'une trentaine d'éruptions parmi lesquelles certaines furent particulièrement catastrophiques comme celle du 4 avril 1768 ou encore celle du 26 juin 1877 qui entraîna la mort d'un millier de personnes. La phase de repos actuelle dure maintenant depuis près de 80 ans. Il est difficile d'en dire davantage si ce n'est que l'histoire connue du volcan montre que les périodes de sommeil de ce dernier ont souvent été plus brèves.

Alors que les retombées (blocs, lapilli, cendres), les écoulements pyroclastiques (aérosols denses et très chauds dévalant les pentes d'un volcan à très grande vitesse), voire les débris avalanches (phénomènes liés à l'effondrement d'une partie de l'édifice volcanique généralement accompagné d'une violente explosion dirigée) peuvent constituer une menace sérieuse à proximité du volcan, notamment pour les paroisses de Machachi et de Rumipamba. Le danger de lahars peut porter beaucoup plus loin (carte 1) et affecter gravement la population installée dans les vallées situées immédiatement à l'est et en contrebas de la capitale, dans le sillon intra-andin (vallées de los Chillos et de Tumbaco). Les lahars, mieux connus par le grand public depuis l'éruption du Nevado del Ruiz en Colombie en 1985 dans la mesure où ils causèrent la disparition de 25 000 habitants d'Armero et de Chinchina, sont liés à la fonte brutale des glaces et des neiges au contact de produits incandescents, notamment des écoulements pyroclastiques. Il s'agit de gigantesques coulées de boue et de blocs dont la vitesse peut atteindre plusieurs dizaines de kilomètres par heure. Le Cotopaxi, culminant à 5 897 m d'altitude et doté d'une imposante calotte glaciaire de 27 km² de superficie et de près d'un km³ de volume, en a produit à maintes reprises dans le passé. La limite de risque majeur de lahars borne d'ailleurs les secteurs qui ont été touchés en 1877, alors que la zone de risque mineur correspond aux secteurs affectés il y a environ 2 400 ans à l'occasion d'une éruption beaucoup plus violente (Hall, 1987). Ont également été indiqués sur la carte les temps approximatifs de passage des lahars de 1877 à partir du moment où la phase principale de l'éruption a débuté, soit, par exemple au bout d'une heure à l'entrée de la vallée de los Chillos. Rappelons que ces lahars ont entraîné des inondations dans la région d'Esmeraldas 18 heures après le début de l'éruption.

Comme le suggère la carte, la ville de Quito ne serait pas directement affectée par le Cotopaxi si ce n'est par de faibles chutes de cendres, sauf en cas d'éruptions particulièrement violentes, comme celle du 4 avril 1768 qui laissa la capitale dans l'obscurité durant plusieurs heures.

Le risque

Si l'on exclut les habitants des régions faiblement exposées aux chutes de cendres, ce sont plus de 120 000 personnes vivant dans la province du Pichincha qui sont exposées au volcan Cotopaxi. Le tableau 1 indique leur répartition selon le type de menace. On notera que le risque est essentiellement lié aux lahars. Ces derniers menacent 95 000 personnes dont plus de 10 000 sont installées dans la zone de risque majeur, c'est-à-dire celle qui a été dévastée en 1877. Les retombées pyroclastiques, principalement les chutes de cendres, concernent une population nombreuse (environ 25 000 personnes dans la zone de risque majeur), mais si les dégâts matériels peuvent être très importants, les risques de pertes en vies humaines sont limités. Les débris avalanches pourraient affecter un nombre comparable de personnes mais la probabilité d'occurrence de tels événements est très faible. Les risques suscités par les écoulements pyroclastiques sont également restreints dans la mesure où ces derniers se cantonnent aux flancs du volcan et aux alentours immédiats quasiment vides d'hommes. Quant aux coulées de lave, qui n'atteindraient pas les zones habitées, elles ne menacent personne.

L'effectif actuel de population de la province du Pichincha exposée au Cotopaxi est sans commune mesure avec celui de 1877. Le volcan fit alors plusieurs centaines de victimes dans la province du Cotopaxi mais très peu dans la province septentrionale dont les abords des ríos *dangereux (Pita, Santa Clara et San Pedro) étaient inoccupés ou s'intégraient dans le territoire de grandes haciendas. Le risque pour les populations y était donc très faible mais celui-ci s'est accru de manière vertigineuse depuis le milieu du* xx*e siècle et surtout depuis les années soixante-dix (carte 1, figure 2).*

Au phénomène général de poussée démographique enregistré dans la plupart des pays latino-américains, se greffent des conditions particulières liées au déversement de la population de Quito, trop à l'étroit dans ses limites, vers les bassins orientaux dont la population a plus que quadruplé en moins de 40 ans (celle-ci a été multipliée par 13 depuis 1877 !). De plus, le climat agréable, l'amélioration des voies de communication et la promotion immobilière ont contribué à accélérer le mouvement. Ainsi, les plus fortes densités se rencontrent maintenant dans la vallée de los Chillos qui était il y a quelques décennies encore, le « grenier » de la capitale. Elles sont également élevées dans la vallée d'Amaguaña dont une partie est située en zone de risque mineur de lahars et dans celle de Tumbaco qui présente des risques plus importants.

Les tendances actuelles sont particulièrement alarmantes. Non seulement la poussée démographique des vallées de Tumbaco et de los Chillos prises dans leur ensemble se poursuit selon un rythme très rapide, mais encore il apparaît également que, faute de contrôle de la croissance urbaine, ce sont les zones les plus dangereuses, celles qui fournissent encore des espaces libres, qui se développent le plus rapidement. La population comble progressivement les espaces compris entre les noyaux urbains ou villageois qui pour la plupart étaient situés hors des zones de risque ou du moins dans la zone de risque mineur (Tumbaco, Sangolquí, Conocoto, Alangasí, etc.). Les abords des ríos *les plus dangereux se colonisent démesurément et San Rafael, presque entièrement situé dans la zone de risque majeur de lahars, bordé ou traversé par les* ríos *Pita, San Rafael et San Pedro, et dont la population a été multipliée par huit depuis 1950, en constitue le cas le plus flagrant.*

situados y en número suficiente. Lo que se conoce del Cotopaxi permite sin embargo establecer su carácter extremadamente peligroso en caso de erupción, determinar las principales desgracias que se pueden esperar y delimitar aproximadamente las zonas que podrían ser afectadas.

El volcán ha conocido cinco etapas eruptivas durante el período histórico (figura 1), marcadas por unas treinta erupciones de las cuales algunas fueron particularmente catastróficas como la del 4 de abril de 1768 o incluso la del 26 de junio de 1877 que acarreó la muerte de un millar de personas. La actual fase de reposo dura desde hace 80 años. Es difícil decir algo más al respecto a no ser que la historia conocida del volcán muestra que sus períodos de adormecimiento han sido frecuentemente más cortos.

Mientras que las caídas de piroclastos (bloques, lapillí, cenizas), los flujos piroclásticos (aerosoles densos y muy calientes que ruedan por las pendientes de un volcán a gran velocidad) e incluso las avalanchas de escombros (fenómenos ligados al hundimiento de una parte del edificio volcánico generalmente acompañado de una violenta explosión dirigida) pueden constituir una amenaza seria a proximidad del volcán, especialmente para las parroquias de Machachi y Rumipamba. El peligro de lahares puede llegar mucho más lejos (mapa 1) y afectar gravemente a la población instalada en los valles situados inmediatamente al Este y más abajo de la capital, en la depresión interandina (valles de los Chillos y de Tumbaco). Los lahares, mejor conocidos por el gran público desde la erupción del nevado del Ruiz en Colombia en 1985 en la medida en que causaron la desaparición de 25.000 habitantes de Armero y de Chinchina, están ligados a la brusca fundición de los hielos y nieves al contacto con productos incandescentes, especialmente flujos piroclásticos. Se trata de gigantescos flujos de lodo y de bloques cuya velocidad puede alcanzar varias decenas de kilómetros por hora. El Cotopaxi, que corona a 5.897 m de altitud y está dotado de un imponente casquete glacial de 27 km² de superficie y cerca de 1 km³ de volumen, ha producido en el pasado algunos lahares. Por otra parte, el límite de riesgo mayor de este fenómeno circunscribe a los sectores que fueron afectados en 1877, mientras que la zona de riesgo menor corresponde a los sectores afectados hace aproximadamente 2.400 años con ocasión de una erupción mucho más violenta (Hall, 1987). Se indicaron igualmente en el mapa los tiempos aproximados de paso de los lahares de 1877 a partir del momento en que comenzó la fase principal de la erupción, es decir, por ejemplo, al cabo de una hora a la entrada del valle de los Chillos. Recordemos que tales lahares acarrearon inundaciones en la región de Esmeraldas, 18 horas después del inicio de la erupción.

Como lo sugiere el mapa, la ciudad de Quito no estaría directamente afectada por el Cotopaxi a no ser por ligeras caídas de cenizas, salvo en caso de erupciones particularmente violentas, como la del 4 de abril de 1768 que dejó la capital en la oscuridad durante varias horas.

El riesgo

Si se excluye a los habitantes de las regiones poco expuestas a las caídas de cenizas, son más de 120.000 habitantes de la provincia de Pichincha los que están expuestos al volcán Cotopaxi. El cuadro 1 indica su distribución según el tipo de amenaza. Se observará que el riesgo está esencialmente ligado a los lahares. Estos últimos amenazan a 95.000 personas de las cuales más de 10.000 están instaladas en la zona de riesgo mayor, es decir la que fue devastada en 1877. Las caídas de piroclastos, principalmente de cenizas, conciernen a una población numerosa (alrededor de 25.000 personas en la zona de riesgo mayor), pero si bien los daños materiales pueden ser importantes, los riesgos de pérdida de vidas humanas son limitados. Las avalanchas de escombros podrían afectar a una cantidad comparable de personas pero la probabilidad de ocurrencia de tales eventos es muy reducida. Los riesgos suscitados por los flujos piroclásticos son igualmente restringidos en la medida en que estos últimos se limitan a los flancos del volcán y a los alrededores inmediatos en donde casi no existe vida humana. En cuanto a las coladas de lava, que no alcanzarían a las zonas habitadas, no representan amenaza alguna.

Cuantitativamente, la población actual de la provincia de Pichincha amenazada por el Cotopaxi no tiene medida común con la de 1877. El volcán produjo entonces varios centenares de víctimas en la provincia de Cotopaxi pero muy pocas en la provincia septentrional en donde las inmediaciones de los ríos peligrosos (Pita, Santa Clara y San Pedro) estaban desocupadas o integradas al territorio de grandes haciendas. El riesgo para la población allí era entonces muy reducido pero se ha incrementado de manera vertiginosa desde mediados del siglo XX y sobre todo desde los años setentas (mapa 1, figura 2).

Al fenómeno general de crecimiento demográfico en la mayor parte de países latinoamericanos, se agregan condiciones particulares ligadas al desbordamiento de la población de Quito, muy apretada dentro de sus límites, hacia las vertientes orientales cuya población se ha multiplicado por más de 4 en menos de 40 años (y por 13 desde 1877!). Además, el agradable clima, el mejoramiento de las vías de comunicación y la promoción inmobiliaria han contribuido a acelerar el movimiento. Así, las mayores densidades se encuentran actualmente en el valle de los Chillos que era aún hace algunos años el « granero » de la capital. Son igualmente elevadas en el valle de Amaguaña del cual una parte está situada en zona de riesgo menor de lahares, y en el de Tumbaco que presenta riesgos más importantes.

Las tendencias actuales son particularmente alarmantes. No sólo el crecimiento demográfico de los valles de Tumbaco y de los Chillos tomados en su conjunto prosigue con un ritmo sumamente acelerado, sino que además se revela que, por falta de un control del crecimiento urbano, son las zonas más peligrosas, las que proporcionan aún espacios libres, las que se desarrollan más rápidamente. La población llena progresivamente los espacios comprendidos entre los núcleos urbanos o rurales que en su mayor parte estaban situados fuera de las zonas de riesgo o al menos en la zona de riesgo menor (Tumbaco, Sangolquí, Conocoto, Alangasí, etc.). Las inmediaciones de los ríos más peligrosos son colonizadas desmesuradamente y San Rafael, situado casi enteramente en la zona de riesgo mayor de lahares, bordeado o atravesado por los ríos Pita, San Rafael y San Pedro, y cuya población se ha multiplicado por ocho desde 1950, constituye el caso más patente.

RIESGOS Y POBLACIÓN AMENAZADA
RISQUES ET POPULATION MENACÉE

Mapa 1 Riesgos relacionados con el volcán Cotopaxi y población amenazada (provincia de Pichincha)
Carte 1 Risques liés au volcan Cotopaxi et population exposée (province du Pichincha)

Peligros potenciales del volcán Cotopaxi
Menaces potentielles du volcan Cotopaxi

Riesgo mayor
Risque majeur
Riesgo menor
Risque mineur
Lahares - *lahars*

Riesgo mayor
Risque majeur
Riesgo menor
Risque mineur
Flujos piroclásticos
Écoulements pyroclastiques

Límite y zona de mayor riesgo
Limite et zone de risque majeur
Caídas de piroclastos
Retombées' pyroclastiques

Límite y zona de riesgo
Limite et zone de risque
Avalanchas de escombros
Débris-avalanches

20' Tiempo aproximado de paso de los lahares por el lugar indicado (erupción del tipo de la del 26 de junio de 1877, según los datos del Instituto Geofísico de la EPN) - *Temps approximatif de passage des lahars sur le lieu indiqué (éruption du type de celle du 26 juin 1877, d'après les données de l'EPN)*

Densidad poblacional - *Densité de population (hab. / km²)*

- Más de 4.000 / *Plus de 4 000*
- 2 000-4 000
- 1 000-2 000
- 500-1 000
- 200-500
- Menos de 200 / *Moins de 200*
- Zonas sin población / *Régions inoccupées*
- Zonas no tomadas en cuenta / *Non pris en compte*

Evolución de la población de 1950 a 1988 (por parroquia)
Évolution de la population de 1950 à 1988 (par paroisse)

Población multiplicada por:
Population multipliée par :

0,5 1 2 4 6 8

Sangolquí — Parroquia - *Paroisse*
Río San Pedro — Principales ríos que pueden encanzar los lahares / *Principaux ríos susceptibles d'acheminer les lahars*
Panamericana - *Route panaméricaine*

N
0 2,5 5 7,5 km

VALLE DE TUMBACO
Cumbayá
Tumbaco
80'
70'
Río San Pedro
QUITO
Guangopolo
Ilaló
La Merced
Conocoto
San Rafael
VALLE DE LOS CHILLOS
Alangasí
60'
S.P. de Taboada
Sangolquí
60'
Río Pita
Amaguaña
Uyumbicho
Cotogchoa
Píntag
Río Santa Clara
Tambillo
50'
Pasochoa
Rumipamba
Alóag
Aloasí
40'
Machachi
Rumiñahui
COTOPAXI

Figura 1 Períodos eruptivos y de reposo del volcán Cotopaxi desde 1523 hasta la fecha (1991)
Figure 1 Périodes éruptives et de repos du volcan Cotopaxi de 1523 à nos jours (1991)

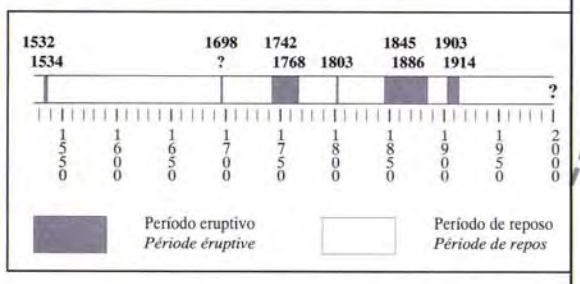
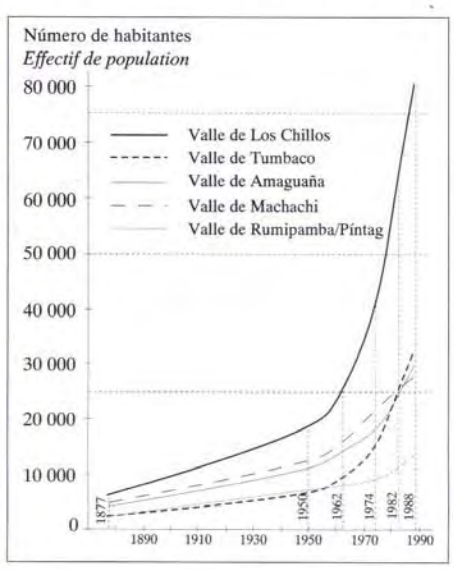


Figura 2 Evolución de la población de los valles de la provincia de Pichincha amenazada por el volcán Cotopaxi (1877-1988)
Figure 2 Évolution de la population des vallées de la province du Pichincha menacée par le volcan Cotopaxi (1877-1988)



Fuentes: *Sources :*

Mapa 1 - *Carte 1*
- Hall, M.L. ; Von Hillebrandt, C.G., Quito, 1988
- D'Ercole, R., Grenoble, 1991

Figura 1 - *Figure 1*
D'Ercole, R., Quito, 1989

Figura 2 - *Figure 2*
1877, 1988: estimaciones - *estimations* (D'Ercole, R., Grenoble, 1991)
1950 a 1982: INEC, *Censos de Población y de vivienda*, Quito, 1950, 1962, 1974, 1982

Vulnérabilités

La population est vulnérable par le seul fait de vivre dans des régions dangereuses. Elle l'est plus ou moins selon la nature de la menace et l'intensité du risque et c'est de cette vulnérabilité là dont il est question, dans le meilleur des cas, dans les travaux de planification préventive. Or, et de nombreuses situations comme celle qui a été vécue à Armero l'ont démontré (D'Ercole, 1989), le facteur humain est très souvent à l'origine des grandes catastrophes.

La vulnérabilité des populations est en fait multiforme. Outre le comportement du volcan, elle dépend également de nombreux comportements, celui de la technique (comme les systèmes d'alerte), celui des hommes, des scientifiques, des autorités politiques, administratives et de protection civile, des médias, celui encore des populations directement concernées (D'Ercole, 1991). Nous présentons ici quelques aspects de cette vulnérabilité, à partir de la perception du risque et de facteurs économiques et sociaux susceptibles d'influer sur le comportement des populations lors d'une situation d'urgence.

La perception du risque personnel, c'est-à-dire le fait de se sentir directement menacé par le volcan, est globalement faible dans la province du Pichincha (carte 2). Si l'on ne considère que la zone de risque majeur (et ailleurs les chiffres sont beaucoup plus faibles), moins de 35 % de la population affiche une perception du risque satisfaisante, ce qui est nettement inférieur aux 55 % de la population de la province du Cotopaxi installée dans le même type de zone (voir la carton concernant cette province). En raison de l'absence d'une expérience directe d'éruption, la différence s'explique essentiellement par une expérience indirecte transmise par une mémoire collective encore vivace dans la province du Cotopaxi. Alors que les populations de cette province (notamment celles de Mulaló et de Latacunga) ont été régulièrement et durement frappées dans le passé, il n'existe aucun souvenir (sauf à Rumipamba et à un moindre degré à Sangolquí dont les habitations étaient à l'époque situées en marge des secteurs affectés) des éruptions du Cotopaxi dans les régions qui, comme la vallée de los Chillos, étaient quasiment inoccupées alors mais en pleine expansion aujourd'hui.

Dans le détail, on notera que la perception du risque diminue sensiblement avec la distance ; elle diminue également lorsqu'il existe des obstacles naturels, comme le Pasochoa, qui masquent le Cotopaxi à la vue, ou dans une même zone de risque, au fur et à mesure que l'on s'éloigne des ríos estimés dangereux (cas de San Rafael). La perception du risque varie également en fonction d'autres variables comme la catégorie socio-professionnelle, l'âge, le sexe ou le temps de résidence (D'Ercole, 1990 et 1991).

Outre la perception du risque, il est intéressant de considérer la nature des aléas jugés par les habitants de la province du Pichincha comme étant les plus dangereux pour la population (figure 3) que l'on peut utilement comparer avec ceux qui, selon les experts, la menacent réellement (tableau 1). Les retombées pyroclastiques sont le plus souvent citées, mais, plus surprenant, la lave au sens volcanologique du terme, est indiquée par plus de la moitié des personnes alors que celle-ci, comme cela a été signalé, ne présente aucun danger. Par ailleurs les coulées de boue ou les lahars, de loin les plus dangereux, ne sont cités que par guère plus du tiers des personnes interrogées.

La perception de la menace et du risque personnel constitue un important facteur de comportement. Dans le cas présent, elle dénote l'état de sous-information de la population auquel il est urgent de remédier. D'autres facteurs de comportement ont également été étudiés parmi lesquels les caractéristiques économiques et sociales de la population. En l'état actuel des choses, les populations les plus défavorisées ainsi que celles qui affichent une faible confiance vis-à-vis des pouvoirs publics et qui coincident généralement avec les premières, poseront inévitablement de gros problèmes si une évacuation était rendue nécessaire.

La figure 4 réalisée à partir d'une analyse statistique multivariée (D'Ercole, 1991), présente de manière synthétique l'état de vulnérabilité de la population installée dans la zone de risque majeur de lahars des dix paroisses considérées, compte tenu du niveau de perception du risque et de l'existence de facteurs économiques et sociaux pouvant constituer des obstacles à un ordre d'évacuation éventuel. Il apparaît ainsi que la population de la ville de Sangolquí est la moins vulnérable, que la vulnérabilité de San Rafael est essentiellement liée à une faible perception du risque. La perception du risque est nettement plus élevée à Machachi et à Rumipamba mais là interviennent les facteurs économiques et sociaux. Les autres paroisses (y compris la partie rurale de Sangolquí) se caractérisent par une faible à très faible perception du risque mais, à quelques nuances près, occupent sur le schéma une position centrale vis-à-vis du problème économique et social, ce qui signifie que la population de ces paroisses est socialement diversifiée. Il s'agit en effet, pour l'essentiel, de paroisses occupées depuis peu par une population relativement aisée provenant de Quito mais comportant également des noyaux anciens de peuplement.

Perspectives

Le problème de la vulnérabilité de la population de la province du Pichincha n'a été abordé ici que de manière très partielle. Il a été néanmoins possible d'en présenter différentes facettes et surtout de montrer que le risque n'est pas seulement d'ordre physique.

Il apparaît d'autre part qu'en dépit des efforts engagés depuis quelques années par les autorités équatoriennes afin de réduire les effets des catastrophes naturelles, la population est loin d'être prête pour affronter une situation d'urgence liée à une possible éruption du Cotopaxi. Une préparation de celle-ci, adaptée à ses caractéristiques économiques, sociales et culturelles, adaptée également aux niveaux et aux types de vulnérabilité et fondée sur de solides bases locales, est à la fois nécessaire et urgente.

Vulnerabilidades

La población es vulnerable por el solo hecho de vivir en regiones peligrosas. Lo es menos o más según la naturaleza de la amenaza y la intensidad del riesgo y, en el mejor de los casos, es esta vulnerabilidad la considerada en los trabajos de planificación preventiva. Ahora bien, y numerosas situaciones como la que fue vivida en Armero lo han demostrado (D'Ercole, 1989), el factor humano origina muy a menudo grandes catástrofes.

La vulnerabilidad de las poblaciones presenta en realidad múltiples formas. Además del comportamiento del volcán, depende igualmente de numerosos comportamientos, el de la técnica (como los sistemas de alerta), el de los hombres, de los científicos, de las autoridades políticas, administrativas y de protección civil, de los medios de comunicación, e incluso del de la población directamente concernida (D'Ercole 1991). Presentamos aquí algunos aspectos de esta vulnerabilidad, a partir de la percepción del riesgo y de factores económicos y sociales que pueden influir en el comportamiento de la población al producirse una situación de emergencia.

La percepción del riesgo personal, es decir el hecho de sentirse directamente amenazado por el volcán, es de manera general limitada en la provincia de Pichincha (mapa 2). Si se considera exclusivamente la zona de riesgo mayor (en otras partes las cifras son muy bajas), menos del 35 % de la población muestra una satisfactoria percepción del riesgo, valor claramente inferior al 55 % de la población de la provincia de Cotopaxi instalada en el mismo tipo de zona (ver figura sobre esa provincia). No existiendo una experiencia directa de erupción, la diferencia se explica esencialmente por una experiencia indirecta transmitida por una memoria colectiva aún viva en la provincia de Cotopaxi. Mientras la población de esta última (en especial la de Mulaló y de Latacunga) ha sido golpeada regular y duramente en el pasado, no existe en cambio recuerdo alguno (salvo en Rumipamba y en un menor grado en Sangolquí en donde las viviendas estaban situadas en esa época en el margen de los sectores afectados) de las erupciones del Cotopaxi en la regiones que, como el valle de los Chillos, estaban casi desocupadas entonces pero que se hallan actualmente en plena expansión.

En detalle, se observará que la percepción del riesgo disminuye sensiblemente con la distancia, e igualmente cuando existen obstáculos naturales como el Pasochoa, que ocultan al Cotopaxi de la vista, o en una misma zona de riesgo, a medida que nos alejamos de los ríos estimados peligrosos (caso de San Rafael). La percepción del riesgo varía igualmente en función de otras variables como la categoría socio-profesional, la edad, el sexo o el tiempo de residencia (D'Ercole, 1990 y 1991).

Además de la percepción del riesgo, es interesante considerar la naturaleza de los peligros juzgados por los habitantes de la provincia de Pichincha como los más graves para la población (figura 3) que pueden ser comparados con los que, según los expertos, la amenazan realmente (cuadro 1). Las caídas de piroclastos son casi siempre citadas, pero, y es lo más sorprendente, la lava en el sentido vulcanológico del término es señalada por más de la mitad de las personas mientras que, como ya se indicó, no representa riesgo alguno. Por otra parte, los flujos de lodo o los lahares, muchísimo más peligrosos, son citados apenas por poco más de un tercio de las personas interrogadas.

La percepción de la amenaza y del riesgo personal constituye un importante factor de comportamiento. En el presente caso, denota un estado de sub-información de la población que es urgente remediar. Otros factores de comportamiento fueron igualmente estudiados, entre ellos las características económicas y sociales de la población. En el estado actual de las cosas, la población más desfavorecida así como aquella que muestra poca confianza en los poderes públicos y que coincide generalmente con la primera, plantearán evidentemente grandes problemas si una evacuación se volviera necesaria.

La figura 4, elaborada a partir de un análisis estadístico multivariable (D'Ercole, 1991), presenta de manera sintética el estado de vulnerabilidad de la población instalada en la zona de riesgo mayor de lahares de las diez parroquias consideradas, dados el nivel de percepción del riesgo y la existencia de factores económicos y sociales que pueden constituir obstáculos a una eventual orden de evacuación. Se revela así que la población de Sangolquí es la menos vulnerable, que la vulnerabilidad de San Rafael está esencialmente ligada a una baja percepción del riesgo. Esta es claramente más elevada en Machachi y en Rumipamba pero allí intervienen los factores económicos y sociales. Las demás parroquias (incluyendo la parte rural de Sangolquí) se caracterizan por una percepción del riesgo baja a muy baja, pero, con algunos matices, ocupan en el esquema una posición central frente al problema económico y social, lo cual significa que la población de estas parroquias es socialmente diversificada. Se trata en efecto, esencialmente, de parroquias ocupadas desde hace poco por una población relativamente acomodada proveniente de Quito pero que comprende igualmente núcleos antiguos de poblamiento.

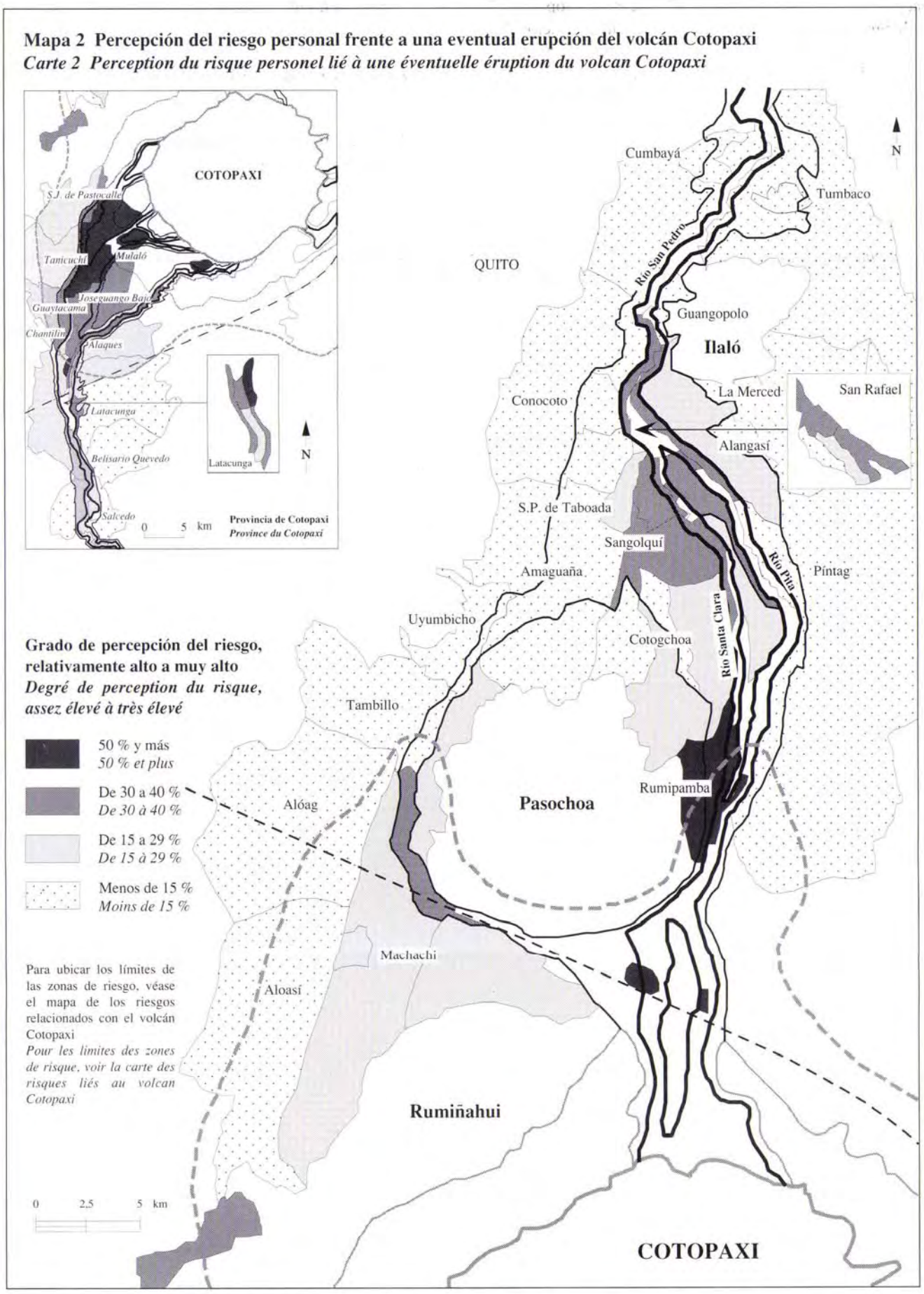
Perspectivas

El problema de la vulnerabilidad de la población de la provincia de Pichincha no ha sido abordado aquí sino de manera parcial. Fue sin embargo posible presentar diferentes facetas de tal vulnerabilidad y sobre todo mostrar que el riesgo no es solamente de orden físico.

Se revela por otra parte que a pesar de los esfuerzos desplegados desde hace algunos años por las autoridades ecuatorianas a fin de reducir los efectos de las catástrofes naturales, la población dista mucho de estar lista para afrontar una situación de emergencia ligada a una posible erupción del Cotopaxi. Una preparación de la misma, adaptada a sus características económicas, sociales y culturales, al igual que a los niveles y los tipos de vulnerabilidad, y fundada en sólidas bases locales es a la vez necesaria y urgente.

EL VOLCÁN COTOPAXI Y LA PERCEPCIÓN DEL RIESGO PERSONAL
LE VOLCAN COTOPAXI ET LA PERCEPTION DU RISQUE PERSONNEL

Mapa 2 Percepción del riesgo personal frente a una eventual erupción del volcán Cotopaxi
Carte 2 Perception du risque personel lié à une éventuelle éruption du volcan Cotopaxi



Cuadro 1 Lo vivido: población de la provincia de Pichincha potencialmente amenazada por el volcán Cotopaxi según el tipo de peligro
Tableau 1 Le vécu : population de la province du Pichincha potentiellement menacée par le volcan Cotopaxi selon le type de menace

Peligros *Aléas*	Personas amenazadas *Personnes menacées*	%
Flujos de lava *Coulées de lave*	— —	0 **0**
Caídas de piroclastos (1) *Retombées (1)*	22 600 **25 400**	15,1 **13,7**
Flujos piroclásticos (2) *Écoulements pyroclastiques (2)*	200 **250**	0,1 **0,1**
Avalanchas de escombros *Débris avalanches*	23 500 **26 600**	15,7 **14,3**
Lahares *Lahares*	75 100 **95 000**	50,3 **51,2**
Por lo menos un peligro *Au moins un aléa*	99 500 **122 500**	66,6 **66,1**
POBLACIÓN TOTAL (3) *POPULATION TOTALE (3)*	149 292 **185 400**	100 **100**

(1) Riesgo mayor - *Risque majeur*
(2) Riesgo menor - *Risque mineur*
(3) Población de las 18 parroquias representadas en los mapas 1 y 2
Population des 18 paroisses représentées sur les cartes 1 et 2
En letras normales: población de 1982; en negrita: población de 1988 (estimada) - *En caractères normaux : population de 1982 ; en caractères gras : population estimée en 1988*

Figura 3 Lo percibido: peligros mayores del Cotopaxi para la población según los habitantes de la Provincia de Pichincha (1.137 encuestas)
Figure 3 Le perçu : aléas les plus dangereux pour la population selon les habitants de la province du Pichincha (1 137 enquêtes)

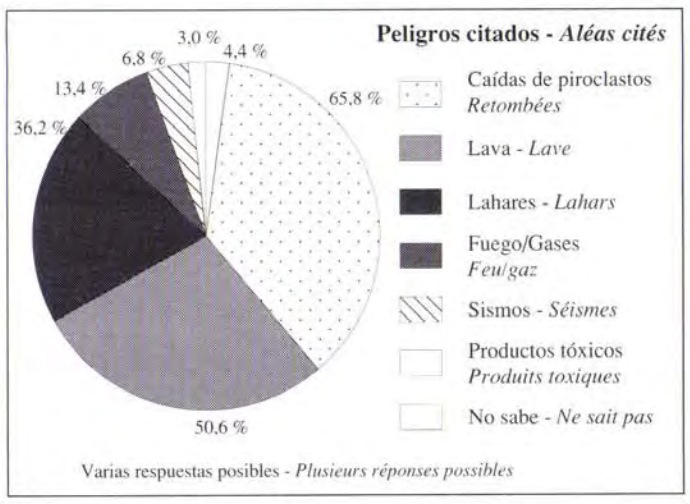
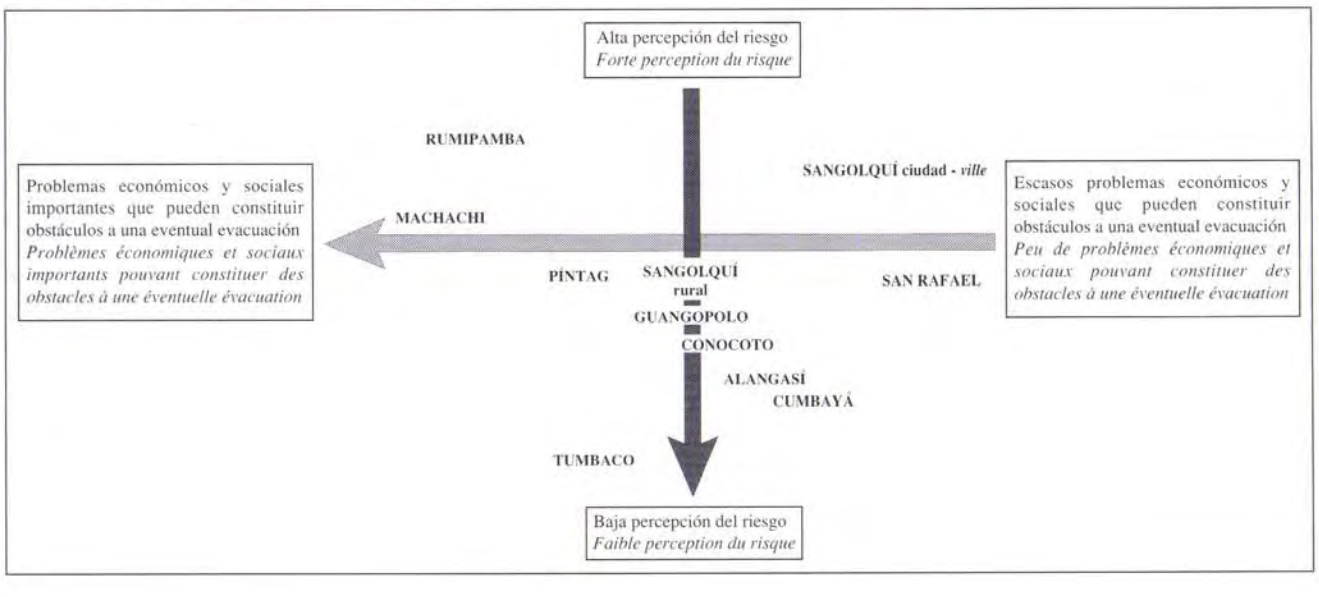


Figura 4 Vulnerabilidad de la población de varias parroquias de la provincia de Pichincha frente a una eventual erupción del volcán Cotopaxi (población entrevistada en zona de riesgo mayor de lahares)
Figure 4 Vulnérabilité de la population de diverses paroisses de la province du Pichincha face à une éventuelle éruption du volcan Cotopaxi (population interrogée dans la zone de risque majeur de lahars)



Fuentes: *Sources :*

La información en que se basan los mapas y gráficos de esta página proviene de una campaña de encuestas realizada en 1988/1989 (D'Ercole, R., Grenoble, 1991)
Pour tous les documents de cette page : campagne d'enquêtes réalisée en 1988/1989 (D'Ercole, R., Grenoble, 1991)

Figura 4 - *Figure 4*
Según un análisis factorial elaborado a partir de los datos extraídos de las encuestas realizadas en 1988/1989 - *d'après une analyse factorielle réalisée à partir de données issues des enquêtes menées en 1988/1989*

ORIENTATION BIBLIOGRAPHIQUE - ORIENTACIÓN BIBLIOGRÁFICA

- D'Ercole, R., (1989), « La catástrofe del Nevado del Ruiz ¿Una enseñanza para el Ecuador? El caso del Cotopaxi », *Estudios de Geografía*, vol. 2: Riesgos naturales en Quito: lahares, aluviones y derrumbes del Pichincha y del Cotopaxi, Colegio de Geógrafos del Ecuador, Corporación Editora Nacional, Quito, p. 5-32.

- D'Ercole, R. (1990), *Investigación geo-sociológica para la preparación de la población frente al peligro volcánico. El caso del volcán Cotopaxi y su incidencia regional*, (document préliminaire), Defensa Civil del Ecuador-Institut Français d'Études Andines, Quito, 60 p.

- D'Ercole, R. (1991), *Vulnérabilité des populations face aux risques volcaniques. L'exemple de la région du Cotopaxi (Équateur)*, Grenoble, 460 p., thèse de doctorat, mention géographie, Institut de Géographie Alpine, Université Joseph Fourier.

- Hall, M.L. (1987), « Peligros potenciales de las erupciones futuras del volcán Cotopaxi », *Politécnica*, volumen XII, nº 2, monografía de geología 5, Quito, Ecuador, p. 41-80.

- Hall, M.L., Von Hillebrandt, C.G. (1988), *Mapa de los peligros volcánicos potenciales asociados con el volcán Cotopaxi, zona norte y zona sur*, 1:50.000, proyecto UNDRO-USAID-EPN, Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.